

ARTIGO

UMA ONTOLOGIA REPRESENTANDO AS SOLUÇÕES DE PROJETO DE ROBERTO BURLE MARX

An ontology representing Roberto Burle Marx's landscape design solutions

Carlos Eduardo Verzola Vaz^j [e-mail](#) | [CV Lattes](#)

Gabriela Celaniⁱⁱ [e-mail](#) | [CV Lattes](#)

José Pinto Duarteⁱⁱⁱ [e-mail](#)

Resumo

O objetivo deste artigo é propor uma base de dados com soluções de projeto paisagístico que colabore para que estudantes aprendam conceitos básicos de projeto e os ajude a aplicar este novo conhecimento utilizando como referência soluções desenvolvidas por arquitetos experientes. O sistema é baseado em uma ontologia que contém conceitos e instâncias de projeto. A informação necessária para a compreensão do conceito é representada por meio de regras esquemáticas de uma gramática da forma e cada um destes conceitos é relacionado com uma ou mais instâncias de projeto. A primeira etapa para o desenvolvimento deste sistema envolveu a elaboração de uma taxonomia para a ontologia. Esta taxonomia se baseia na estrutura da linguagem de padrões de Christopher Alexander e na estrutura hierárquica de diferentes livros e manuais de arquitetura paisagística. Um protótipo do sistema foi desenvolvido, com exemplos de boa conduta de projeto extraídos do trabalho do paisagista brasileiro Roberto Burle Marx. A partir dele foram realizados uma série de testes com a intenção de comprovar a eficácia do sistema.

Palavras-chave. Ontologia, Roberto Burle Marx, arquitetura paisagística, linguagem de padrões, gramática da forma.

Abstract

The objective of the present paper is to propose a design solution database to help students learn basic landscape design concepts and help them apply this new knowledge by using examples developed by an experienced designer. The system is based on an ontology that contains classes of design concepts and design instances. The information necessary to understand the concepts is represented in schematic shape grammar rules and each concept is related to one or more design instances. The first step in the development of the system consisted of setting up the hierarchical taxonomy of the ontology. This taxonomy was based on the structure of Alexander's pattern language and on the hierarchical information structure of landscape design handbooks. A prototype system was developed, with examples of good design practice extracted from the work of Brazilian landscape designer Roberto Burle Marx. The prototype was tested with students during a workshop. The goal was to prove the system efficiency.

Keywords: Ontology, Roberto Burle Marx, landscape architecture, pattern language, shape grammar



1. INTRODUÇÃO

Segundo Sweller (1994), quando uma habilidade intelectual é recentemente adquirida, ela só pode ser utilizada por meio da aplicação de um esforço cognitivo considerável. Com o tempo e prática esta aplicação se torna automática sendo exigido menos esforço mental para operá-la. Enquanto isto não acontece a performance para a realização de uma tarefa é lenta e propensa ao erro.

Este baixo desempenho pode ser identificado em alunos de arquitetura, principalmente nas disciplinas de projeto. Geralmente, estes têm grande dificuldade em processar o conhecimento de forma organizada, pois não têm a experiência de um profissional qualificado. Como resultado, muitas vezes o aluno tende, por exemplo, a omitir um determinado conceito para resolver um problema ou não dar a devida importância a um princípio que foi ensinado em sala de aula. Também, pode equacionar as informações de forma inadequada gerando, a partir da solução de um problema, muitos outros desnecessários. O professor de projeto tem a missão de ensinar aos seus estudantes a organizar de forma correcta um problema de projeto e ajudar na tarefa de selecção das variáveis e princípios adequados para a obtenção de uma solução. Esta não é uma tarefa simples e um dos métodos que é mais empregado, para contornar as dificuldades dos alunos, é a utilização de referências de projeto.

As referências são soluções, elaboradas por especialistas - arquitetos experientes - utilizadas para exemplificar o que seria uma boa conduta de projeto. Apesar desta forma de ensino muitas vezes funcionar de modo satisfatório, o aluno acaba por aprender a partir de um resultado, não tendo assim acesso as informações que envolvem o processo de desenvolvimento do projeto. Como resultado, estes sentem dificuldade em aplicar os princípios de forma adequada, necessitando de um guia que os ajude a processar as informações. Os professores dificilmente têm a capacidade de atender todas as dúvidas em sala de aula e isso acaba permitindo erros de projeto básicos, que são

geralmente identificados em fases mais avançadas do trabalho.

Este artigo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos em uma pesquisa que propõe um sistema implementado em computador que visa dar apoio aos alunos durante o processo de tomada de decisão para solucionar problemas de projeto. O modelo desenvolvido relaciona os conceitos e precedentes de projeto, por meio de uma ontologia. Estes conceitos, como será visto, são apresentados aos alunos no formato de regras esquemáticas e derivações semelhantes às existentes em uma gramática da forma (STINY, 1972). A hipótese deste trabalho é que o uso de um sistema baseado em conceitos e precedentes de projeto pode colaborar no aumento da eficiência do ensino sem que haja a redução da qualidade do trabalho ou o cerceamento da criatividade do aluno.

Este artigo aborda duas importantes etapas do processo de investigação. O primeiro consiste no desenvolvimento de um modelo que relaciona adequadamente conceitos e referências de projeto e o segundo trata da validação da hipótese da pesquisa. Nas seções que tratam do desenvolvimento do modelo serão abordados assuntos como a linguagem de padrões de Christopher Alexander (ALEXANDER, 1977), carga cognitiva (SWEELER, 1994) e a gramática da forma (STINY, 1972). As seções relacionadas à validação da hipótese tratam dos métodos e materiais empregados em uma série de exercícios em que alunos desenvolveram soluções de projeto paisagístico sem e com o auxílio do sistema.

No protótipo desenvolvido nesta pesquisa o sistema está preenchido com conceitos e precedentes extraídos da obra do paisagista Roberto Burle Marx. Este projetista pode ser considerado um especialista, pois sua obra contém uma parcela expressiva dos conceitos pertencentes ao universo de discurso em arquitetura paisagística aplicados em soluções que podem ser consideradas importantes referências de projeto.

2. MODELO DO SISTEMA - COMO ORGANIZAR O CONHECIMENTO?

A estrutura de um sistema que colabore com o ensino de projeto deve ter características que possibilitem a adequada apresentação da informação para o aluno. Esta deve ter uma clara hierarquia, possibilitando que o estudante entenda a relação entre os diferentes conceitos de projeto. Existem teorias que estudam a forma

com que o conhecimento deve ser apresentado aos alunos, aumentando a performance no aprendizado. Uma destas teorias é o princípio da diferenciação.

Segundo Ausubel (2003), quando uma disciplina é ensinada conforme o princípio da diferenciação, os conceitos gerais são

apresentados em uma fase inicial. Em seguida, por meio de um processo de diferenciação, vão sendo apresentados aos alunos conceitos mais específicos até que sejam atingidos os pormenores que envolvem o assunto. Esta abordagem de ensino corresponde ao processo natural de aquisição de consciência cognitiva e

de sofisticação do conteúdo. Além disso, ela também corresponde ao modo pelo qual o conhecimento é representado, organizado e armazenado nas estruturas humanas. O **gráfico A**, da Figura 1, mostra como se estruturaria o conhecimento consoante as ideias de Ausubel (2003).

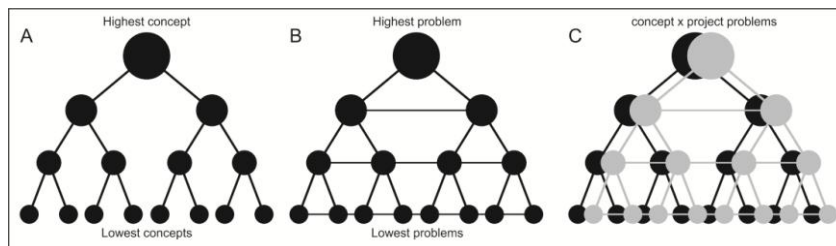


Figura 1. (A) Gráfico representando o princípio da diferenciação progressiva. (B) Gráfico representando o processo de resolução de problemas (C) comparação entre o princípio da diferenciação e o processo de resolução de problemas.

Esta forma de representação do conhecimento é muito semelhante ao processo de resolução de um problema de projeto. Da mesma maneira que uma disciplina deve ser ensinada por meio da apresentação, nas etapas iniciais, de conceitos gerais, a busca por uma solução de projeto parte de um problema geral. Este é progressivamente diferenciado em uma série de problemas nos quais são aplicados conceitos específicos para sua resolução. No entanto, as conexões existentes no processo de resolução de um problema não acontecem apenas do conceito geral para o específico. Existe uma série de conexões que relacionam os conceitos pertencentes a um mesmo nível de hierarquia, representando as relações directas entre os problemas (gráfico B da figura 1). Este mesmo tipo de estrutura pode ser encontrado na linguagem de padrões desenvolvida por Christopher Alexander (1977).

A linguagem de padrões de Alexander (1977) é formada por uma série de unidades de informação chamadas de padrões. Cada um destes padrões contém o corpo necessário de conhecimento para solucionar um problema específico de projeto. Este conhecimento é formatado da seguinte maneira:

- Um parágrafo relacionando os padrões menores que irão completá-lo;

- Uma figura mostrando um exemplo do padrão;
- Um parágrafo introdutório mostrando como este padrão colabora na complementação de padrões maiores;
- Um texto de uma a duas linhas como forma de introduzir o problema;;
- O corpo do problema, com conhecimento empírico, evidências para validá-lo e exemplos das diferentes formas com que o padrão pode se manifestar;
- A solução em negrito, com instruções;
- Um diagrama que representa a solução.

No livro *A Pattern language*, escrito por Alexander e seus colaboradores estão reunidos 253 padrões organizados em ordem numérica crescente. Os padrões com numeração menor tratam de problemas de projeto em uma escala maior, como a cidade, enquanto os menores tratam de questões que envolvem a escala do edifício ou jardim. Cada um deles é conectado a outros padrões formando uma complexa rede que representa o conhecimento necessário para se atingir uma boa solução de projeto. A primeira vista, o que importa na linguagem de padrões de Alexander é esta estrutura de conexão directa entre padrões, representada na Figura 2.

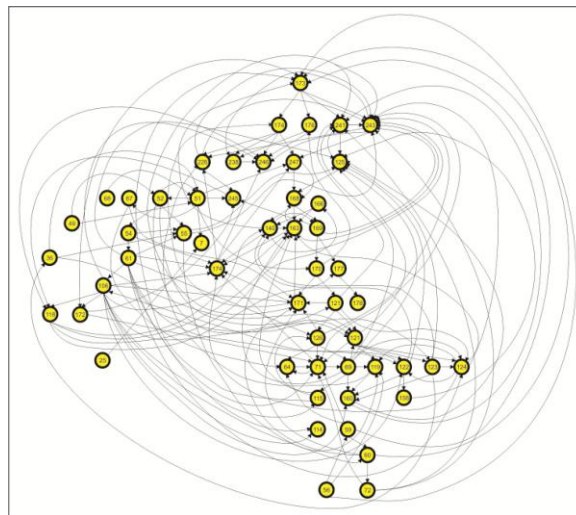


Figura 2. Gráfico mostrando a rede de relações entre os diferentes padrões na linguagem de Alexander

Contudo, na linguagem os padrões estão organizados segundo uma hierarquia de classes que contribui para que o leitor encontre rápido o padrão que deseja utilizar. O padrão *Access to Water* (número 25), por exemplo, pertence a superclasse *Character of a local environment*. Esta por sua vez é subclasse de *Tows*, que pertence a superclasse *Pattern language*. Esquema A apresentado na figura 3.

Esta estrutura de organização desenvolvida por Alexander é adequada para modelar a parte do sistema que se relaciona com a organização dos conceitos de projetos. Na linguagem de padrões de Alexander não é dada tanta relevância para as instâncias que os padrões podem gerar, ou seja, as soluções. Estas são representadas por apenas uma imagem que mostra um exemplo da aplicação do padrão. Contudo, é importante dar a mesma relevância para as referências de projeto pois estas ajudam a mostrar quais os tipos de resultados que os alunos podem obter após utilizar um padrão.

Para poder relacionar referências de projeto com os princípios presentes em cada padrão foi necessário buscar estruturas organizacionais alternativas. Estas estruturas deveriam conter as diferentes classes de conceitos (ou padrões) e classes de soluções de projeto, formando assim a taxonomia completa do sistema.

2.1 Hierarquia proposta para o sistema

Os manuais são um tipo de livro que têm a função de relacionar todas as informações sobre um assunto. Neles não é necessário realizar uma leitura linear, mas pontual e direcionada ao que se busca, pois o conhecimento está diferenciado em blocos de informações. Cada uma destas unidades apresenta as informações necessárias para resolver um ou diversos problemas de projeto. Em alguns casos os manuais contêm exemplos de soluções desenvolvidas por um projetista para ilustrar os conceitos apresentados. A forma com que o conhecimento é organizado depende do próprio autor, sendo que alguns criam estruturas mais diferenciadas em subitens e com o conteúdo mais padronizado. De certa forma se parecem com a linguagem de padrões de Alexander, contudo não apresentam a mesmo grau de formalização em sua estrutura e nem em seu conteúdo.

Nesta etapa do trabalho foram selecionados mais três livros, além do manual com os padrões de Alexander. A partir deles foram elaborados diagramas que mostram como a sua informação foi estruturada. A Figura 3 ilustra as diferentes formas de organização elaboradas pelos seus autores.

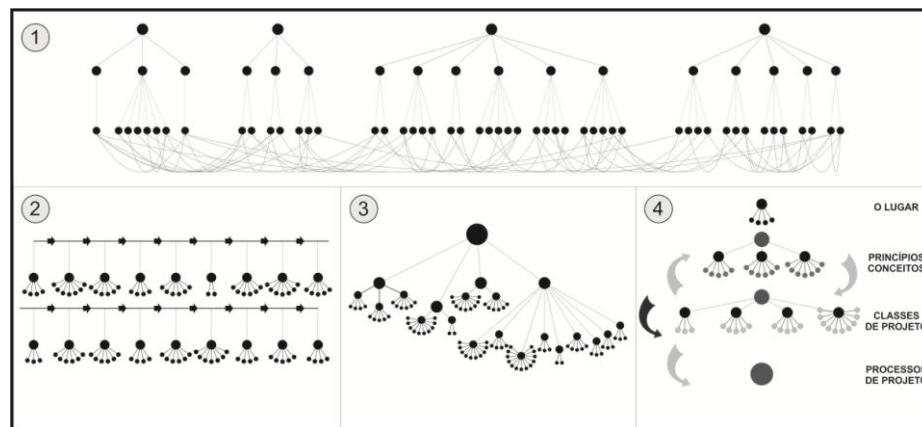


Figura 3. Esquemas elaborados a partir de livros de paisagismo

O esquema 1 na Figura 3 foi construído a partir do livro *A pattern language* de Alexander (1977). Nele é possível notar a organização dos padrões como foi explicitado no item anterior. Já a segunda estrutura apresentada foi elaborada a partir do índice do livro *Landscape architecture* de Simond (1997). Este manual de arquitetura paisagística apresenta “regras” de boa conduta de projeto, contudo não há a padronização das informações para solucionar um problema. A distribuição dos capítulos, segundo temas como circulação, construção de espaços ou a água no jardim representa uma compartimentação e classificação dos conceitos de projeto. Contudo, não há uma organização clara para a apresentação das referências ao leitor.

The Landscape of man (JELLICOE, 1975), o terceiro livro estudado, apresenta uma abordagem histórica sobre a arquitetura paisagística. Neste caso não se trata de um manual com diferentes conceitos de projeto, mas de uma coletânea de jardins (instâncias) que tentam exemplificar diferentes períodos da dominação do homem sobre a paisagem. A leitura do livro tanto pode ser linear como pontual, pois é possível que se compreenda boa parte das características descritas em cada item, sem que haja a necessidade de ter lido o anterior. Neste livro as informações sobre os conceitos de projeto, empregados em diferentes momentos da história, são extraídos a partir da análise das instâncias. Estes princípios colaboram para classificar cada um dos jardins como sendo pertencentes a um período.

A quarta, e última estrutura, foi elaborada a partir da organização do conteúdo existente em *The poetics of Garden* (MOORE, MITCHELL & TURNBULL, 1990). Nele é atribuída a mesma importância tanto para as instâncias como para os conceitos e princípios de projeto. O primeiro capítulo mostra a necessidade da compreensão do *Genius Loci* para se iniciar o processo de equação das variáveis de um problema de projeto. Nesta etapa de análise o projetista

organiza as informações que darão a fundamentação necessária para o desenvolvimento de uma ideia.

O segundo capítulo abriga os principais conceitos e componentes que um jardim deve apresentar, isto é, o conhecimento que deverá ser aplicado sobre as variáveis equacionadas na etapa precedente. Este conteúdo está dividido em itens que servem para classificar os diferentes conceitos de projeto. A informação é apresentada em formato de texto e com esquemas (imagens e diagramas) que possibilitam a sua melhor compreensão.

No terceiro capítulo são definidas quatro classes de projeto - coleção, peregrinação, cenários e simetrias. Cada uma delas contém uma série de jardins que representam boas soluções projetuais. Estes são descritos de forma clara e objectiva, sendo que há uma nítida relação com os princípios ensinados no capítulo anterior. Sendo assim existe uma forma organizada de relacionar instâncias e conceitos.

O último capítulo do livro apresenta cinco diálogos diferentes entre os projetistas responsáveis pela elaboração dos jardins descritos. Em cada diálogo há uma discussão que ilustra o processo de busca de solução para problemas de projeto que um paisagista enfrentaria actualmente. Isto ilustra como os conceitos de projeto, mesmo de jardins antigos, podem ser utilizados para solucionar problemas do presente.

A partir das estruturas descritas acima foi elaborado um modelo do sistema. Este contém características da organização presente na linguagem de padrões de Alexander e na obra *The poetics of Garden*. Do lado esquerdo do diagrama (figura 4), na superclasse CP (conceitos de projeto), estão organizados os padrões em cinco subclasses diferentes. Os padrões se relacionam uns com os outros dentro de uma mesma hierarquia, formando assim uma rede de conexões semelhante à da linguagem de

padrões de Alexander (1977). A direita da imagem, em PR (Projetos), existem duas subclasses que são PP (projetos do passado) e PF (projetos do futuro). Cada uma dessas classes apresenta quatro subclasses que são CE (cenários), PE (Peregrinação), CO (Colecção) e SI (Simetrias). Nelas são armazenadas os projetos do passado e do futuro. Estas classes também apresentam conexões que as relacionam com os conceitos de projetos organizados do outro lado do diagrama.

Neste modelo os jardins de Burle Marx fazem parte dos projetos do passado. Deles são extraídos os conceitos e princípios criados ou utilizados pelo paisagista. A partir deste sistema os alunos podem empregar estes conceitos e comparar as suas soluções – projetos do presente - com as desenvolvidas pelo projetista brasileiro.

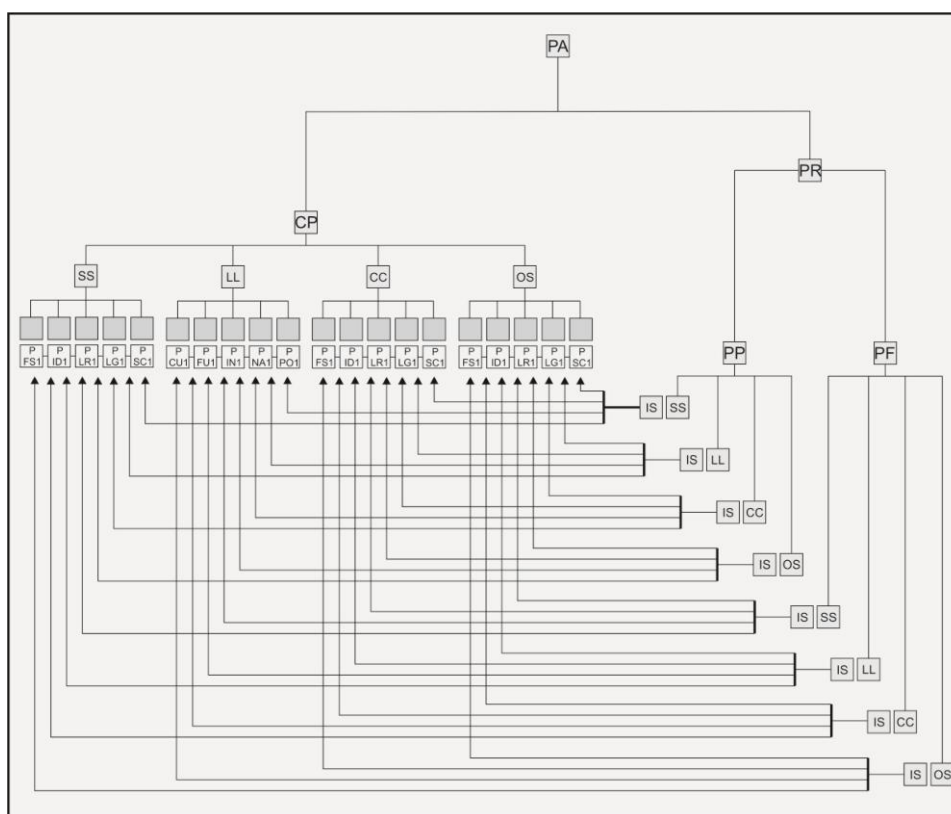


Figura 4. Modelo de hierarquia de classes do sistema

3. CARGA COGNITIVA – QUAL É A MELHOR FORMA DE APRESENTAR O CONHECIMENTO AO USUÁRIO?

Após definir um modelo para o sistema foi necessário desenvolver uma forma adequada para apresentar o conteúdo. Da mesma maneira que o princípio da estruturação colabora hierarquização da informação a teoria da carga cognitiva ajuda na sua correcta formatação.

Em 1956 George Miller desenvolveu estudos que mostravam que o sistema cognitivo humano apenas consegue processar 7 ± 2 dígitos simultaneamente. Caso estes elementos sejam excedidos, o raciocínio e o aprendizado ficam prejudicados. A partir dos trabalhos de Miller (1956), foram realizadas, por mais de 25 anos, pesquisas que resultaram em princípios que hoje formam a base da teoria da carga cognitiva.

Algumas atividades cognitivas, segundo Clark, Nguyen & Sweller (2006), apresentam carga menor, como aprender o vocabulário de uma língua. Por outro lado, criar sentenças com estas palavras, apresenta uma carga cognitiva maior. Um ambiente de aprendizagem apropriado, de acordo com princípios da Teoria da Carga Cognitiva, minimiza recursos mentais desnecessários possibilitando a maximização do aprendizado.

Como foi visto acima os padrões na linguagem de Alexander (1977) apresentam uma mesma formatação. Contudo, mesmo com todos os padrões contendo os mesmos elementos sua utilização é complicada, pois cada um deles

apresenta grande quantidade de informação. O problema se torna mais complexo quando é necessário trabalhar simultaneamente com os diversos padrões. Para desenvolver um sistema que possa ser utilizado em sala de aula é essencial simplificar a informação que pode existir em cada um deles.

A utilização de regras esquemáticas de gramáticas da forma (STINY, 1972) possibilita a

leitura e compreensão mais rápida da informação necessária não sobrecarregando o aluno. Mesmo que esta seja uma maneira simplificada de apresentar um conceito é importante que o aluno consiga montar primeiro os esquemas mentais para solucionar um problema complexo e depois adicionar gradativamente mais conteúdo. A Figura 5 mostra uma implementação da estrutura proposta no programa *TouchGraph Navigator*.

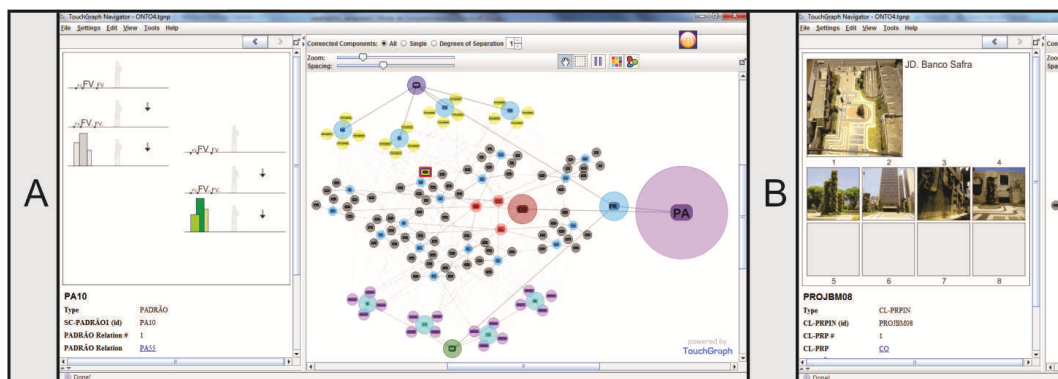


Figura 5. Protótipo implementado no *TouchGraph navigator*.

Do lado direito da figura 5A está o gráfico que mostra as diferentes classes e as conexões entre elas. A hierarquia das classes é diferenciada pelo tamanho da circunferência envolta do nome. Os padrões são os menores nós da estrutura e ao redor deles estão as classes que contêm as instâncias. Do lado esquerdo da imagem estão as regras capazes de gerar um componente presente em um jardim. A figura 5B mostra uma instância que pode ser obtida pela aplicação das regras presentes no padrão.

As regras esquemáticas de gramática da forma elaboradas para o protótipo representam, como foi explicitado, conceitos de arquitetura paisagística extraídos da obra Burle Marx. Estes possibilitam a elaboração de um plano de massa, portanto considera o uso de componentes compositivos de modo a trabalhar arquitetonicamente com o espaço.

Estes conceitos apresentam diferentes graus de complexidade. Os mais simples são árvores, arbustos, forração, etc. Isoladamente eles não significam muita coisa. São como palavras de um vocabulário, que quando estão fora de um contexto, apenas apresentam seu significado intrínseco. A forma como são inseridos os componentes são as regras que permitem a formação de uma “frase” ou esquema de projeto¹. Basicamente foram colocados três no

protótipo: pontual, ao longo de uma linha e em uma área.

Quando os conceitos são inseridos por meio destas regras forma-se um esquema muito simples, que pode ser identificado em projetos de diferentes arquitetos paisagistas. São exemplos destes esquemas (figura 6):

- A inserção de palmeiras ao longo de uma linha (PA-11);
- A inserção linear de componentes, que pode representar uma série de árvores plantadas ao longo de um caminho (PA-12);
- A inserção de componentes em uma área, que pode formar, por exemplo, um bosque com uma ou mais espécies de árvores (PA-16);
- A Inserção de maciços de arbustos e áreas de forração próximos à beira de um corpo d’água (PA-25).

Cada esquema apresenta uma série de propriedades que permite sua correta utilização. Por exemplo, o esquema palmeiras ao longo de uma linha tem como propriedades a criação de um plano vertical translúcido e capacidade de demarcar um caminho ou direção. Se o projetista empregá-lo para criar sombras ao longo de um caminho estará cometendo um erro. Esta propriedade pertence ao esquema de árvores ao longo de uma linha.

Outra característica do sistema é que esquemas também podem formar uma série de outros esquemas (mais complexos) que são

¹ Os esquemas, segundo Gero (1990), são formados por uma série de conceitos generalizados e relacionados entre si e abstraídos das experiências dos projetistas.

recorrentemente encontrados na obra de Burle Marx. Os exemplos destas situações, como foi explicitado, também podem ser identificados no outro ramo do modelo apresentado em que

estão organizados os precedentes de projeto (instâncias dos esquemas).

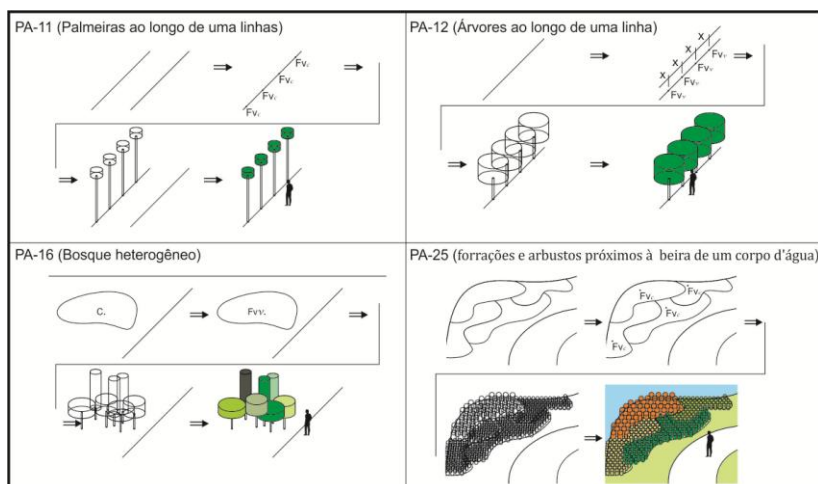


Figura 6. Alguns dos esquemas que foram inseridos no sistema.

4. AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Para avaliar o sistema foi realizado um Workshop com uma série de três exercícios de projeto paisagístico com alunos da turma do quarto ano do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Os testes foram realizados durante as primeiras aulas da disciplina **AU118** (Teoria e Projeto VIII: Complexidade). Esta turma foi selecionada para o experimento porque os alunos do quarto ano do curso já haviam cumprido as disciplinas de arquitetura paisagística. Sendo assim, seria possível avaliar no início do Workshop se estes haviam aprendido conceitos básicos de composição de espaços livres.

Os três testes foram inspirados em um exercício de projeto de arquitetura paisagística que é aplicado pelo prof. Silvio Macedo a turmas do primeiro ano do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. O objetivo desse exercício é ensinar aos alunos conceitos de composição arquitetônica por meio da modelagem do terreno e composição com uso de elementos que representam os componentes de um espaço livre. O material empregado para a realização da tarefa é uma caixa de madeira de um metro de comprimento por cinquenta centímetros de largura e aproximadamente quinze centímetros de altura preenchida com areia. Neste volume, os alunos podem modelar um espaço fictício como se fosse um terreno. Para compor a área os alunos devem buscar gravetos, pedaços de madeira, isopor, papel,

enfim, todo e qualquer tipo de material que contribua para o desenvolvimento do exercício.

O experimento que foi proposto para avaliar o sistema apresenta objetivo semelhante ao exercício da caixa de areia. Contudo, neste caso os alunos não precisavam buscar os materiais. Os elementos compositivos e o substrato foram entregues aos participantes do Workshop e cada um teve acesso ao mesmo conjunto de materiais. Estes foram preparados com componentes que possibilitavam a reprodução dos mesmos conceitos ou esquemas presentes no sistema.

Os exercícios foram apoiados por informações e ferramentas progressivamente mais estruturadas, e tinham como objetivo comprovar a hipótese de que um ambiente que combina diretamente conceitos e esquemas com precedentes de projeto pode colaborar para o desenvolvimento de habilidades de projeto de paisagismo.

Na primeira etapa, os estudantes tiveram de desenvolver o modelo físico sem que tivessem acesso a nenhum tipo de referência. Na segunda fase os alunos utilizaram um caderno de referências com imagens de projetos de Burle Marx (mesmas imagens que foram utilizadas como precedentes no sistema). O objetivo, como será visto, era avaliar se estes eram capazes de abstrair os conceitos e esquemas presentes nas referências e utilizar estas informações em seus modelos. Na terceira etapa, os participantes do Workshop puderam realizar pesquisas no sistema implementado no Touchgraph Navigator. Neste caso o propósito era analisar se o uso do sistema colaborou para que os alunos

tivessem uma evolução maior em relação ao uso apenas do caderno de referências. Nas três etapas os alunos tiveram que elaborar uma solução para uma área idêntica por meio da utilização de um mesmo programa de necessidades e segundo as mesmas variáveis de

projeto. A Tabela 1 apresenta dados sobre o tempo de duração das atividades, número de participantes e os materiais que foram utilizados.

Tabela 1: Dados sobre o teste

Dias	Tempo	Atividades	Material	Número de participantes
Primeiro dia	45 minutos	Modelo 01 (teste 1)	Nenhum material de referência	20
	45 minutos	Modelo 02 (teste 2)	Caderno de Referências	20
Segundo dia	90 minutos	Modelo 03 (teste 3)	Sistema implementado no TouchGraph Navigator	17

5. RESULTADOS DO WORKSHOP

A partir da comparação direta entre os modelos desenvolvidos foi possível observar diferentes situações em relação à evolução dos trabalhos e ao uso dos conceitos existentes no sistema.

Primeiro, após o uso das referências e do sistema com os padrões, a maioria dos estudantes conseguiu inserir elementos como árvores, palmeiras, arbustos e forração de modo a compor arquitetonicamente o espaço. Podem ser citados como exemplos de evolução em relação à elaboração de uma solução de projeto, os modelos desenvolvidos pelos **alunos 02, 03, 06, 09 e 20 (figura 7)**. Nestes casos nota-se a ausência de referências e esquemas para distribuição dos componentes, principalmente, nas maquetes elaboradas pelos alunos na

primeira etapa. Contudo, no resultado obtido na última etapa do trabalho é visível o uso dos componentes segundo as referências de projeto de Roberto Burle Marx.

Por exemplo, o **aluno 03**, em sua primeira solução insere a maior parte dos componentes de modo aleatório no modelo. Já no segundo exercício existe uma maior organização espacial e no terceiro realmente percebe-se o uso dos conceitos e esquemas apresentados no sistema. Em seu último modelo é possível observar o uso de palmeiras ou árvores ao longo de uma linha (**PA - 11 e PA - 12**), de - bosques heterogêneos (**PA - 16**) e a utilização do esquema de forrações e arbustos próximos à beira de um corpo d'água (**PA - 25**).

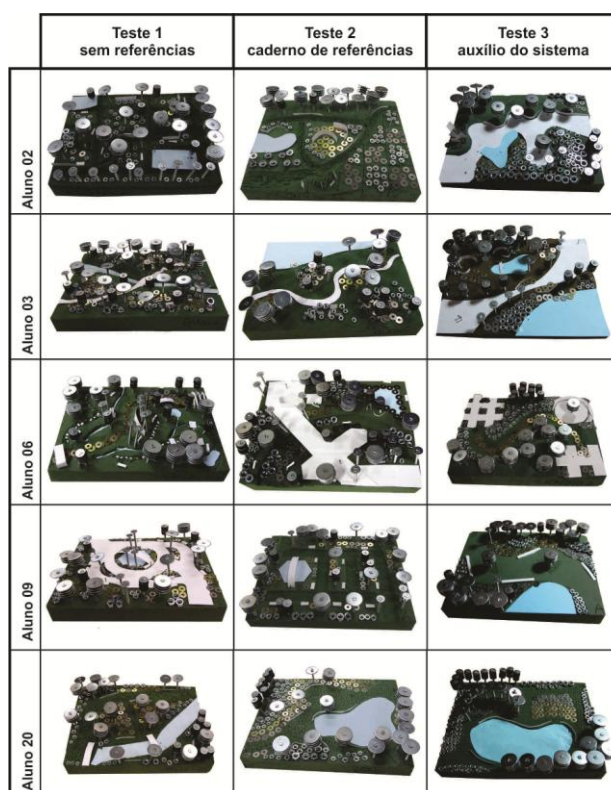


Figura 7. Comparação dos resultados.

Outra situação identificada foi a dos alunos que já tinham, provavelmente, algumas referências de projeto e conceitos organizados em sua memória. Nestes casos é possível notar o uso dos componentes de forma mais organizada desde o primeiro exercício. Mesmo assim, com o uso das referências e do sistema implementado no Touchgraph Navigator, o trabalho deles evoluiu e em seus modelos finais é possível identificar o uso dos componentes segundo novos arranjos espaciais. Podem ser citados como exemplos as maquetes dos **alunos 13 a 15 e 17 (figura 8)**. No primeiro modelo destes alunos identifica-se o uso dos componentes árvore e palmeira arranjados de forma a criar planos verticais ora mais opacos ora mais transparentes.

Provavelmente, este é um esquema de organização dos elementos que estes estudantes já conheciam antes do início do Workshop. Com o uso do sistema, como ferramenta de auxílio, nas maquetes elaboradas na terceira etapa surgem novos esquemas de organização dos componentes nos modelos. Por exemplo, o **aluno 15**, em seu modelo utiliza árvores ao longo de uma linha para formar planos de cobertura e uma árvore como um ponto de referência em conjunto com um painel. Estes arranjos não foram empregados em seus modelos das etapas anteriores.

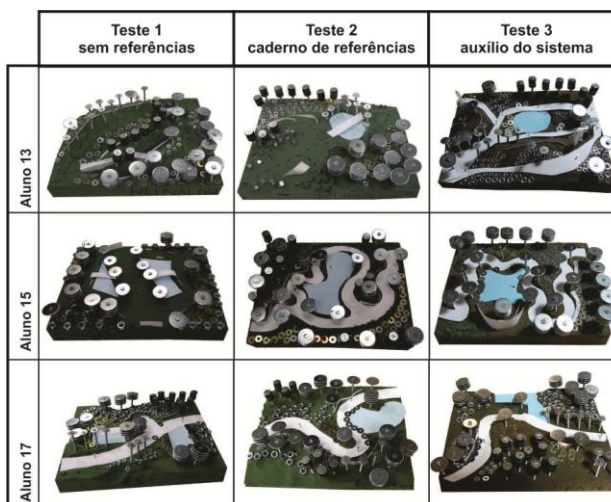


Figura 8. Comparação dos resultados.

Apesar da evolução no trabalho da maioria dos alunos, alguns ainda apresentaram dificuldade de compor de modo adequado os componentes nos modelos, independentemente do uso do sistema. Esta situação pode ser observada nos modelos elaborados pelos **alunos 01, 04 e 19** (**figura 9**). Este número pode ser considerado pequeno, pois na primeira etapa oito alunos apresentaram deficiências no uso dos componentes para elaborar suas composições. Sendo assim, dos dezessete alunos que participaram de todas etapas do Workshop,

apenas três precisariam de atendimento individual para reforçar os conceitos contidos nas referências e padrões. Isto pode ser considerado um bom resultado levando-se em conta que foram gastas apenas três horas para a realização de todas as atividades. Como foi explicado, durante este período de tempo não foi realizada nenhuma apresentação sobre conceitos de arquitetura paisagística. Todo o material que tratava deste tema estava presente nas referências e nos padrões implementados no sistema de ontologias.

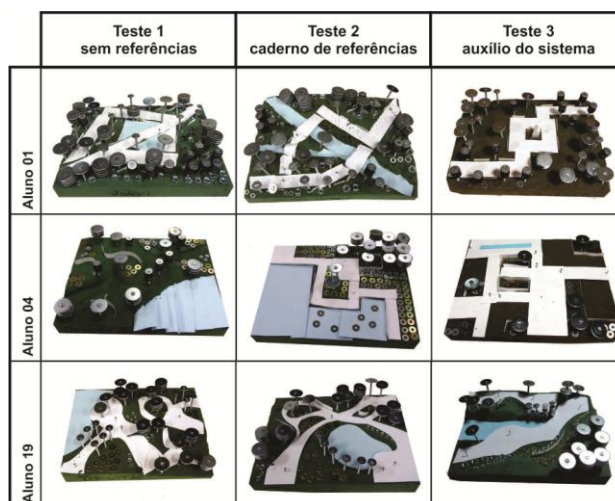


Figura 9. Comparação dos resultados.

Em relação à linguagem dos modelos, alguns alunos foram influenciados pelas referências de projeto de Burle Marx, principalmente em relação ao desenho orgânico da circulação e de corpos d'água. Nota-se esta situação principalmente nas soluções dos **alunos 02 e 15** (**figura 10**). Nestes casos observa-se uma mudança clara de estratégia compositiva do primeiro exercício para o segundo.

Contudo, outros estudantes mantiveram suas regras próprias de composição. Por exemplo, nos modelos elaborados pelo **aluno 18**, não se

observa uma mudança na forma com que este desenvolve suas soluções. Independentemente do uso do caderno de referências na segunda etapa ele mantém uma linguagem de projeto própria. Em outras maquetes nota-se o uso dos esquemas de projetos identificados na obra de Burle Marx, no entanto, não se observa na composição uma relação tão clara como nas soluções elaboradas pelos **alunos 02 e 15**.



Figura 10. Protótipo implementado no TouchGraph navigator.

6. CONCLUSÕES

Como foi visto, no sistema apresentado foram utilizadas regras de gramática da forma, sendo que esta se mostrou adequada para representar conceitos e esquemas de projeto organizados em uma ontologia. Por meio desta foi possível sistematizar e tornar mais objetiva a informação apresentada. O uso de derivações representando esquemas em conjunto com as referências extraídas da obra de Burle Marx não fez com que os estudantes passassem a projetar como este paisagista, segundo seu estilo, mas colaborou para que estes conseguissem arranjar de modo mais organizado os elementos que compõem um jardim. O sistema funcionou realmente como uma ferramenta que auxilia e colabora durante o processo de projeto.

Neste trabalho foram selecionados como referências projetos de Roberto Burle Marx, como foi explicado, por este ser um dos grandes projetistas de espaços livres brasileiros. A partir destas referências foram identificados esquemas de organização de elementos compositivos em seus jardins. Como resultado, o protótipo pode ser considerado uma importante ferramenta para compreender como este paisagista compunha seus espaços livres. Referências de outros projetistas, não apenas da arquitetura paisagística, poderiam ter servido de base para o desenvolvimento do sistema. Nele poderiam ser estudadas as obras de arquitetos em que a obra é sistematicamente utilizada como precedente não apenas por estudantes, mas também por outros projetistas.

Além disso, o sistema de pesquisa de referências e de esquemas de projeto tem potencial de ser utilizado como uma base do conhecimento em que podem ser constantemente agregados novos dados por parte do usuário. Na fase de análise das informações o projetista poderia inserir novos dados para utilizar na etapa de síntese das soluções de projeto. A cada novo trabalho este poderia armazenar novos dados e ter acesso aos que utilizou anteriormente, ampliando assim sua ontologia de conceitos. A navegação no sistema colaboraria para a organização da biblioteca de referências presente em sua própria memória. Conceitos e esquemas que estariam perdidos em sua mente seriam facilmente recuperados, reorganizados e reaplicados. Como este banco de dados seria desenvolvido constantemente pelo usuário, durante o processo de pesquisa este saberia identificar na estrutura hierarquia que modelou os conceitos e esquemas de modo mais eficiente. Esta situação é completamente diferente da investigação normalmente realizada por meio de livros de arquitetos renomados, pela internet ou qualquer outra forma de armazenamento de dados convencionais. Deste modo o projetista perde tempo não apenas reorganizando as referências, mas também rearranjando e buscando novamente precedentes. Portanto, um sistema de pesquisa como o que foi apresentado neste trabalho não traria benefícios apenas no ensino, mas também ocasionaria uma significativa melhoria no gerenciamento das informações durante o processo de projeto também profissionalmente.

7. REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, Christopher, *et al.* (org.). **A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction**. Nova York: Oxford University Press, 1977.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BEIRÃO, José; DUARTE, José; STOUFFS, Rudi. Structuring a Generative Model for Urban Design - Linking GIS to Shape Grammars. In: **Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe (ECAADE)**, 26, 2008, Antuérpia. Proceedings of the 26th eCAADe Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, Antuérpia, 2008.
- CLARK, R.C.; NGUYEN, F.; SWELLER, J. **Efficiency in learning**. São Francisco: Jossey-Bass Pfeiffer, 2006.
- FLEMING, Laurence. **Roberto Burle Marx: um retrato**. Rio de Janeiro: Editora Index, 1996.
- GERO, J. S. Design prototypes: a knowledge representation schema design. **AI Magazine**: v. 11, n. 4, pg. 26-36, 1990.
- JELlicoe, J.A.; JELlicoe, S. **The Landscape of Man**. Londres: Thames & Hudson, 1975.

MILLER, George. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. **Psychological Review**, n. 63, p. 81-97, 1956.

MOORE, Charles; MITCHELL, Willian; TURNBULL, Willian. **The Poetics of Gardens**. Masschusetts: The MIT press, 1988.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D.: 2000, *Ontology Development 101: A Guide to creating your first Ontology*, Stanford KSL Technical Report KSL-01-05.

SIMONDS, J.O. **Landscape architecture**: a manual of land planning and design. Nova York: McGraw-Hill, 1997.

STINY, G.; GIPS, J. **Algorithmic Aesthetics**. Berkeley: University of California Press, 1978.

SWELLER, John. Cognitive load, theory, learning difficulty, and instructional design. **Learning and Instruction**: v.4, n.4, p. 295-312, 1994.

Agradecimentos

Esta pesquisa não teria sido possível sem o financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

DADOS DOS AUTORES

(i) Docente do Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Pernambuco | Campinas, SP, Brasil | e-mail: cev00@gmail.com | CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4075386143208520>

(ii) Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo na Unicamp | e-mail: celani@fec.unicamp.br | CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1900829386347923>

(iii) Docente da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa | e-mail: jduarte@fa.utl.pt | CV: <http://www.fa.utl.pt/~jduarte/>